

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
6. Mai 2004 (06.05.2004)

PCT

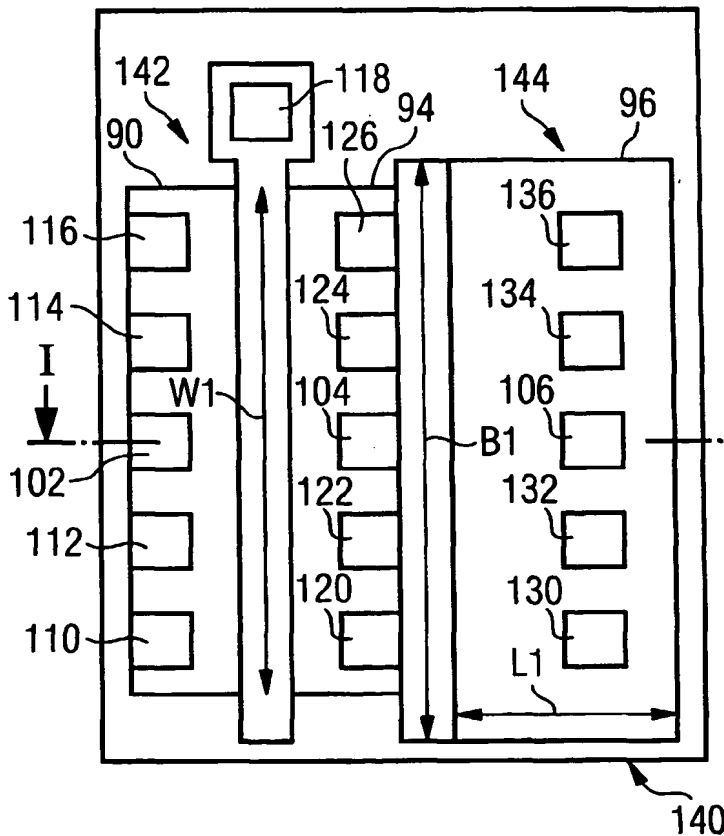
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/038802 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 27/12, 21/84
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003354
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
10. Oktober 2003 (10.10.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
102 48 723.5 18. Oktober 2002 (18.10.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.  
Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BREDERLOW, Ralf  
[DE/DE]; Von-Erckert-Str. 27, 81827 München (DE).  
HARTWICH, Jessica [DE/DE]; Unterbiburger Str. 25,  
85579 Neubiberg (DE). PACHA, Christian [DE/DE];  
Asenweg 12, 81739 München (DE). RÖSNER, Wolf-  
gang [DE/DE]; Sudetenstr. 23, 85521 Ottobrunn (DE).  
SCHULZ, Thomas [DE/DE]; Annette-Kolb-Anger 13/5,  
81737 München (DE).
- (74) Anwälte: FRANK, Karl usw.; Patentanwälte Kinder-  
mann, Postfach 1330, 85627 Grasbrunn (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, KR, SG, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INTEGRATED CIRCUIT ARRANGEMENT COMPRISING CAPACITORS AND PREFERABLY PLANAR TRANSISTORS, AND PRODUCTION METHOD

(54) Bezeichnung: INTEGRIERTE SCHALTUNGSANORDNUNG MIT KONDENSATOREN UND MIT VORZUGSWEISE PLANAREN TRANSISTOREN UND HERSTELLUNGSVERFAHREN



(57) Abstract: Disclosed is an integrated circuit arrangement (140), among others, comprising a preferably planar transistor (142) and a capacitor (144). The lower electrode of the capacitor (144) is disposed within an SOI substrate along with a channel section of the transistor (142). The inventive circuit arrangement (140) is easy to produce and has excellent electronic properties.

(57) Zusammenfassung: Erläutert wird unter anderem eine integrierte Schaltungsanordnung (140), die einen vorzugsweise planaren Transistor (142) und einen Kondensator (144) enthält. Die untere Elektrode des Kondensators (144) ist gemeinsam mit einem Kanalbereich des Transistors (142) in einem SOI-Substrat angeordnet. Die Schaltungsanordnung (140) ist einfach herzustellen und hat hervorragende elektronische Eigenschaften.



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## Beschreibung

Integrierte Schaltungsanordnung mit Kondensatoren und mit vorzugsweise planaren Transistoren und Herstellungsverfahren

5

Die Erfindung betrifft eine integrierte Schaltungsanordnung, die einen elektrisch isolierenden Isolierbereich und mindestens einen Kondensator enthält. Der Kondensator wird aus einer Bereichsfolge gebildet, die in der angegebenen Reihenfolge enthält:

10

- einen isolierbereichsnahen Elektrodenbereich,
- einen dielektrischen Bereich, und
- einen isolierbereichsfernen Elektrodenbereich.

15

Der elektrisch isolierende Isolierbereich besteht beispielsweise aus einem elektrisch isolierenden Material mit einem spezifischen Widerstand größer als  $10^{12} \Omega\text{cm}$  (Ohm mal Zentimeter) bei 20°C Raumtemperatur, z.B. aus einem Oxid, insbesondere aus Siliziumdioxid. Der Elektrodenbereich enthält beispielsweise ein Metall mit einem spezifischen elektrischen Widerstand kleiner als  $10^{-4} \Omega\text{cm}$  bei 20°C Raumtemperatur.

20

Alternativ enthalten die Elektrodenbereiche beispielsweise polykristallines Silizium, das hochdotiert ist. Der dielektrische Bereich besteht ebenfalls aus einem elektrisch isolierenden Material, z.B. aus einem Oxid, insbesondere aus Siliziumdioxid, das eine Dielektrizitätskonstante von etwa 3,9 hat. Jedoch werden auch dielektrische Materialien mit einer wesentlich größeren Dielektrizitätskonstante im dielektrischen Bereich verwendet.

25

30

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine einfach herzustellende integrierte Schaltungsanordnung mit Kondensator anzugeben. Die Schaltungsanordnung soll insbesondere mit einer kleinen Anzahl von Prozessschritten und insbesondere unter Verwendung weniger lithografischer Masken herstellbar sein. Außerdem soll ein einfaches Herstellungsverfahren für eine integrierte Schaltungsanordnung mit Kondensator angegeben werden.

35

Die auf die Schaltungsanordnung bezogene Aufgabe wird durch eine integrierte Schaltungsanordnung mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Weiterbildungen sind  
5 in den Unteransprüchen angegeben.

Bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist der Isolierbereich Bestandteil einer in einer Ebene angeordneten Isolierschicht. Der Kondensator und mindestens ein aktives  
10 Bauelement der integrierten Schaltungsanordnung, vorzugsweise alle aktiven Bauelemente der integrierten Schaltungsanordnung, liegen auf der gleichen Seite der Isolierschicht. Außerdem sind der isolierbereichsnahe Elektrodenbereich und der aktive Bereich des Bauelementes in einer Ebene angeordnet,  
15 die parallel zu der Ebene liegt, in der die Isolierschicht angeordnet ist.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung ist einfach aufgebaut und lässt sich auf einfache Art herstellen, weil sich  
20 der isolierbereichsnahe Elektrodenbereich und der aktive Bereich in einer Ebene befinden. Außerdem sind der isolierbereichsnahe Elektrodenbereich und der aktive Bereich durch den Isolierbereich isoliert. An beide Elektrodenbereiche des Kondensators sind so frei wählbare Potentiale anlegbar.

25

Der Kondensator hat außerdem hervorragende elektronische Eigenschaften:

- Das Verhältnis zwischen parasitären Kapazitäten und Widerständen in Bezug zur Nutzkapazität ist klein,
- 30 - die Leckströme sind klein,
- die differenzielle Nichtlinearität der Kapazität ist klein, wobei unterschiedliche differentielle Kapazitäten auf Raumladungszonen zurückzuführen sind. Bei analogen Kapazitäten ist die differentielle Kapazität die im Arbeitspunkt wirksame Kapazität.
- 35 - die Kapazität ist über einen weiten Arbeitspunktbereich konstant,

- das erzielbare Kapazitäts-Flächen-Verhältnis ist groß, beispielsweise mehr als zehn Femtofarad je Quadratmikrometer oder sogar größer als zwanzig Femtofarad je Quadratmikrometer.

5

Außerdem ist zwischen den aktiven Bauelementen und dem Kondensator keine weitere Schicht oder weitere Schichtenfolge erforderlich. Dies ermöglicht es, die Anzahl der erforderlichen Schichten zu verringern und die Planarität der integrierten Schaltungsanordnung zu erhöhen.

10

Bei einer Weiterbildung ist das aktive Bauelement ein Feldeffekttransistor:

- der Kanalbereich des Feldeffekttransistors ist der aktive Bereich.
- Die Steuerelektrode des Feldeffekttransistors ist Bestandteil einer strukturierten Elektrodenschicht, in der auch der isolierbereichsferne Elektrodenbereich des Kondensators angeordnet ist. Die Steuerelektrode und der isolierbereichsferne Elektrodenbereich bestehen aus dem gleichen Material. Auch die Dicke dieser Bereiche und deren Dotierstoffkonzentration stimmen überein.
- Ein Steuerelektrodenisolationsbereich des Feldeffekttransistors besteht bei einer Ausgestaltung aus dem gleichen Material wie der dielektrische Bereich des Kondensators. Auch die Dicke dieser Bereiche stimmt überein.

15

20

25

Durch diese Maßnahme sind für die Herstellung des Kondensators und zur Herstellung des Feldeffekttransistors nur drei Schichterzeugungsprozesse erforderlich. Die Bereiche des Feldeffekttransistors und des Kondensators, die in der gleichen Schicht liegen, lassen sich gemeinsam strukturieren. Eine zusätzliche Maske zur Herstellung des Kondensators ist nur dann erforderlich, wenn der untere Elektrodenbereich des Kondensators anders dotiert wird als der Kanalbereich des Feldeffekttransistors. Eine weitere zusätzliche Maske ist nur dann erforderlich, wenn sich die Materialien und/oder die

30

35

Isolierdicken des Steuerelektrodenisolierbereiches und des dielektrischen Bereiches des Kondensators unterscheiden. Aber selbst dann ist die zur Herstellung der Schaltungsanordnung erforderliche Anzahl der Masken noch klein.

5

Bei einer nächsten Weiterbildung ist der Feldeffekttransistor ein planarer Feldeffekttransistor, d.h. die für die Steuerung der Gateelektrode wirksame Fläche liegt parallel zur Isolierschicht. Der Feldeffekttransistor enthält neben HDD-

10 Anschlussbereichen (Highly Doped Drain) ggf. auch LDD-Anschlussbereiche (Lightly Doped Drain) bzw. Hilfsanschlussbereiche und/oder sogenannte Pockets bzw. Halos, die hier als Hilfsdotierbereiche bezeichnet werden.

15 Bei einer anderen Ausgestaltung grenzt die Steuerelektrode an einen Silizidbereich an. Durch diese Maßnahme lässt sich die Steuerelektrode leichter kontaktieren. Außerdem verringert sich der Anschlusswiderstand und der Schichtwiderstand.

20 Bei einer nächsten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung grenzen Anschlussbereiche des Feldeffekttransistors an die Isolierschicht an. Bei einer Ausgestaltung grenzen die Anschlussbereiche ebenfalls an Silizidbereiche. Ausreichend Material für die Silizidbildung ist dann vorhan-

25 den, wenn die Halbleiterschicht im Bereich der Anschlussbereiche sowohl vor als auch nach der Silizidbildung eine größere Dicke hat als im Bereich der isolierbereichsnahen Elektrode.

30 Bei einer nächsten Weiterbildung sind beidseitig der Steuerelektrode Abstandshalter angeordnet, die auch ein anderes Material enthalten oder aus einem anderen Material bestehen als die Elektrodenschicht, insbesondere einem Material, das nicht als Ausgangspunkt für ein Epitaxieschichtwachstum bei  
35 einem Epitaxieverfahren zum Erzeugen einer Halbleiterepitaxieschicht geeignet ist, beispielsweise aus Siliziumnitrid. Durch die Verwendung der Abstandshalter werden Seitenbereiche

der Steuerelektrode bedeckt, so dass von dort keine Epitaxie ausgehen kann und Kurzschlüsse vermieden werden.

Bei einer Ausgestaltung ist an mindestens einer Seite des  
5 isolationsbereichsfernen Elektrodenbereiches ebenfalls ein  
Abstandshalter angeordnet. Die Abstandshalter haben die gleiche Aufgabe wie die an der Steuerelektrode angeordneten Abstandshalter erfüllt. Berühren sich ein am Gate angeordneter  
10 Abstandshalter und ein an einer Elektrode des Kondensators  
angeordneter Abstandshalter, so entsteht eine Maskierung, die bspw. eine Dotierung oder auch eine Silizidierung im maskierten Bereich verhindert.

Bei einer Weiterbildung ist die an den einen Anschlussbereich  
15 des Transistors angrenzende Seite des isolierbereichsnahen  
Elektrodenbereiches länger als eine quer zu dieser Seite  
liegende Seite des isolierbereichsnahen Elektrodenbereiches,  
vorzugsweise mindestens doppelt so lang oder mindestens fünf  
20 mal so lang. Der Transistor hat in diesem Fall eine Transistorweite, die ein mehrfaches der minimalen Strukturbreite  
beträgt, vorzugsweise mehr als das Dreifache oder mehr als  
das Fünffache. Durch diese Maßnahmen entsteht eine besonders  
niederohmige Verbindung zwischen dem Transistor und dem Kondensator. Dies führt insbesondere bei sogenannten analogen  
25 Kapazitäten in analogen Schaltungen zur Verbesserung der  
elektronischen Eigenschaften. Beispiele für solche analogen  
Schaltungen sind Analog-Digital-Wandler. Ein anderes Beispiel  
für eine analoge Kapazität ist eine sogenannte Bypass-  
Kapazität mit der sich Spannungsspitzen auf eine Betriebs-  
30 spannungsleitung oder einer Signalleitung glätten lassen.

Bei einer alternativen Weiterbildung ist dagegen eine quer zu  
der an den Anschlussbereich angrenzende Seite des isolierbereichsnahen Elektrodenbereiches liegende Seite des isolierbereichsnahen Elektrodenbereiches länger als die an den  
35 Anschlussbereich angrenzende Seite, vorzugsweise mindestens  
doppelt so lang oder mindestens fünf mal so lang. Der Tran-

sistor hat in diesem Fall eine Transistorweite, die kleiner als das Dreifache der minimalen Strukturbreite ist, vorzugsweise kleiner als das Doppelte der minimalen Strukturbreite. Durch diese Maßnahme wird insbesondere bei Speicherzellen erreicht, dass sich der ohmsche Widerstand der Bodenelektrode des Kondensators erhöht und einer schnellen Entladung der Speicherkapazität damit entgegengewirkt wird.

Bei einer nächsten Weiterbildung grenzen ein Anschlussbereich des Feldeffekttransistors und der isolierbereichsnahe Elektrodenbereich des Kondensators aneinander und bilden so eine elektrisch leitfähige Verbindung. Auf diese Art und Weise entsteht eine einfach aufgebaute Speicherzelle eines DRAM (Dynamic Random Access Memory), ohne dass zusätzliche Maßnahmen für die Kontaktierung der isolierbereichsnahen Bodenelektrode erforderlich sind. Diese Weiterbildung wird insbesondere in Kombination mit sich berührenden Abstandshaltern am Gate und an der Deckelektrode des Kondensators eingesetzt.

Bei einer Weiterbildung sind der isolierbereichsnahe Elektrodenbereich und der aktive Bereich Halbleiterbereiche, die ein Halbleitermaterial enthalten, d.h. ein Material mit einem spezifischen elektrischen Widerstand zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{+12}$   $\Omega\text{cm}$ , insbesondere zwischen  $10^{-5}$  und  $10^{+10}$   $\Omega\text{cm}$ , z.B. Germanium, Silizium oder Galliumarsenid. Der spezifische Widerstand des isolierbereichsnahen Elektrodenbereiches des Kondensators wird bei einer Ausgestaltung durch eine Dotierung verringert.

Bei einer Weiterbildung der Schaltungsanordnung sind der isolierbereichsnahe Elektrodenbereich und der aktive Bereich einkristalline Bereiche, die dotiert oder undotiert sind. Die elektronischen Eigenschaften von aktiven Bauelementen in einkristallinen Schichten sind besonders gut. Außerdem lässt sich der elektrische Widerstand einer einkristallinen Elektrode des Kondensators durch Dotierung besonders gut verringern. Bei einer Ausgestaltung haben der isolierbereichsnahe Elektrodenbereich und der aktive Bereich eine Dicke kleiner



als einhundert Nanometer oder sogar kleiner als fünfzig Nanometer.

Bei einer nächsten Weiterbildung grenzt die Isolierschicht an ein Trägersubstrat an, wie es bei einem sogenannten SOI-Substrat (Silicon On Insulator) der Fall ist. Derartige Substrate lassen sich auf einfache Art und Weise herstellen. Außerdem haben die elektronischen Schaltungen, die auf diesen Substraten angeordnet werden, besonders gute elektronische Eigenschaften.

Bei einer anderen Weiterbildung enthält die Schaltungsanordnung mindestens einen Prozessor, der eine Vielzahl von logischen Schaltfunktionen enthält. Enthält die Schaltungsanordnung bei einer Ausgestaltung neben dem Prozessor außerdem eine Vielzahl von DRAM-Speichereinheiten (Dynamic Random Access Memory), so wird auch von einem embedded-Speicher gesprochen. Zur Herstellung dieser Schaltungsanordnung werden zusätzlich zu den für die Herstellung der Logik ohnehin erforderlichen Prozessschritten und Masken nur eine kleine Anzahl von zusätzlichen Prozessschritten und zusätzlichen Masken zur Herstellung des Kondensators bzw. der mit ihm elektrisch leitfähig verbundenen Transistoren benötigt.

Die Erfindung betrifft in einem weiteren Aspekt außerdem ein Verfahren zum Herstellen einer integrierten Schaltungsanordnung, insbesondere zum Herstellen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung oder einer ihrer Weiterbildungen. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden ohne Beschränkung durch die angegebene Reihenfolge die folgenden Verfahrensschritte ausgeführt:

- Bereitstellen eines Substrats, das eine Isolierschicht aus elektrisch isolierendem Material und eine Halbleiterschicht enthält, z.B. ein SOI-Substrat,
- Strukturieren der Halbleiterschicht zum Ausbilden mindestens eines Elektrodenbereiches für einen Kondensator und

zum Ausbilden mindestens eines aktiven Bereiches eines Transistors,

- nach dem Strukturieren der Halbleiterschicht Erzeugen einer dielektrischen Schicht,
- 5 - nach dem Erzeugen der dielektrischen Schicht Erzeugen einer Elektrodenschicht, und
- Ausbilden einer isolierbereichsfernen Elektrode des Kondensators und einer Steuerelektrode des Transistors in der Elektrodenschicht.

10

Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders geeignet zur Herstellung eines planaren Feldeffekttransistors gemeinsam mit dem Kondensator. Die oben genannten technischen Wirkungen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung und ihrer Weiter-

15 bildungen gelten auch für das erfindungsgemäße Verfahren und dessen Weiterbildungen.

15

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung an Hand der beiliegenden Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:

20

Figuren 1 bis 12

Herstellungsstufen bei der Herstellung einer integrierten Transistor-Kondensator-Anordnung,

25 Figur 13 eine Draufsicht auf die Transistor-Kondensator-Anordnung,

Figur 14 eine Schnittdarstellung durch ein DRAM-Speicherzelle mit einem Transistor,

30

Figur 15 eine Draufsicht auf die DRAM-Speicherzelle, und

Figur 16 einen Schaltplan einer DRAM-Speicherzelle mit drei Transistoren.

35

Die Figuren 1 bis 12 zeigen Herstellungsstufen bei der Herstellung einer Transistor-Kondensator-Anordnung, wobei die

Figuren 1 bis 12 eine Schnittdarstellung entlang einer Schnittebene I betreffen, die längs zu einem Kanal eines Feldeffekttransistors liegt, insbesondere längs zum Stromfluss im Kanal. Die Lage der Schnittebene I wird aus Figur 13  
5 deutlich.

Die Herstellung der Transistor-Kondensator-Anordnung beginnt ausgehend von einem SOI-Substrat 10, das ein Trägersubstrat 12 aus einkristallinem Silizium, eine sogenannte vergrabene  
10 Isolierschicht 14 aus beispielsweise Siliziumdioxid und eine dünne Halbleiterschicht 16 aus monokristallinem Silizium enthält. Im Ausführungsbeispiel betragen die Dicke des Trägersubstrats 12 fünfhundertfünfzig Mikrometer, die Dicke der Isolierschicht 14 einhundert Nanometer und die Dicke der  
15 Halbleiterschicht 16 fünfzig Nanometer. Auf der Halbleiterschicht 16 hat sich eine dünne Siliziumdioxidschicht 18 mit einer Dicke von bspw. fünf Nanometern gebildet.

Wie in Figur 1 dargestellt, wird auf das SOI-Substrat 10 eine  
20 Siliziumnitridschicht 20 abgeschieden, beispielsweise mit Hilfe eines CVD-Verfahrens (Chemical Vapor Deposition). Im Ausführungsbeispiel hat die Siliziumnitridschicht 20 eine Dicke von fünfzig Nanometern.

25 Wie in Figur 1 dargestellt, wird anschließend ein Lithografieverfahren durchgeführt. Dazu wird eine Fotolackschicht 22 ganzflächig aufgebracht, gemäß einem vorgegebenen Layout belichtet und entwickelt. Anschließend werden die als Hartmaske dienende Nitridschicht 20, die Siliziumdioxidschicht 18  
30 und die Halbleiterschicht 16 strukturiert, beispielsweise mit einem Trockenätzverfahren. Dabei entsteht ein Schichtstapel 24 mit einer etwa quadratischen Grundfläche. Der Schichtstapel 24 wird auch als Mesa bezeichnet. Die Geometrie für den herzustellenden Feldeffekttransistor und den Kondensator  
35 lassen sich unabhängig voneinander vorgeben und somit optimieren.

Alternativ zu einem fotolithografischen Verfahren wird bei einem anderen Ausführungsbeispiel ein Elektronenstrahl-Lithografie-Verfahren oder ein anderes geeignetes Verfahren durchgeführt. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel wird  
5 keine Hartmaske verwendet. Bspw. wird dann die Fotolackschicht 22 dicker aufgetragen.

Wie in Figur 2 dargestellt, werden die verbliebenen Bereiche der Fotolackschicht 22 anschließend entfernt. Nach dem Entfernen der Fotolackschicht 22 wird eine thermische Oxidation  
10 ausgeführt. Dabei bilden sich an den Seitenflächen der Halbleiterschicht 16 Verrundungsoxidbereiche 26, 28, die später unerwünschte Kanalbildungen an den Kanten unterdrücken. Alternativ lässt sich zur Isolation ein LOCOS-Verfahren (LOCal  
15 Oxidization of Silicon) oder ein STI-Verfahren (Shallow Trench Isolation) in Verbindung mit einem CMP-Verfahren (Chemical Mechanical Polishing) ausführen.

Danach werden die verbliebenen Bereiche der Nitridschicht 20  
20 und der Siliziumdioxidschicht 18 entfernt, bspw. durch Trockenätzen. Für folgende Implantationsschritte lässt sich ein dünnes Streuoxid aufbringen, das in den Figuren jedoch nicht dargestellt ist.

25 Wie in Figur 3 dargestellt, wird danach zur Herstellung eines nMOSFET eine weitere Fotolackschicht 30 aufgebracht, belichtet und entwickelt, so dass nur das Kanalgebiet und Bereiche für Anschlussgebiete des Transistors unmaskiert sind, siehe  
30 Transistorteil 16a der Halbleiterschicht 16. Ein für den Kondensator vorgesehener Bereich ist dagegen maskiert, siehe Kondensatorteil 16b der Halbleiterschicht 16. Nach dem Entwickeln der Fotolackschicht 30 wird eine Ionenimplantation 31 ausgeführt, wobei der Transistorteil p-dotiert wird, z.B. p oder p+.

35

Wie in Figur 4 dargestellt, wird anschließend ein weiteres Fotolithografieverfahren ausgeführt, bei dem eine zusätzliche

Maske zur Herstellung des Kondensators erforderlich ist. Es wird eine Fotolackschicht 32 aufgebracht, mit der Maske be-  
lichtet und entwickelt, so dass der Transistorteil 16a mas-  
kiert und der Kondensatorteil 16b unmaskiert ist.

5

Anschließend wird unter Verwendung der strukturierten Foto-  
lackschicht 32 eine Ionenimplantation 33 durchgeführt, wobei  
der Kondensatorteil 16b stark n-dotiert wird, d.h.  $n^{++}$ , und  
ein Bodenelektrodenbereich 34 entsteht. In dem maskierten  
10 Transistorteil 16a bleibt die Dotierung während der Ione-  
nimplantation 33 unverändert. Durch die Zusatzimplantation  
wird der Bodenelektrodenbereich 34 niederohmig. Beispielswei-  
se beträgt die Dotierungsdichte  $10^{20}$  Dotieratome je Kubikzen-  
timeter. Die Dotierungsdichte liegt vorzugsweise im Bereich  
15 zwischen  $10^{19}$  bis  $10^{21}$  Dotieratome je Kubikzentimeter. Bei  
steigender Dotierdichte wächst das Dielektrikum schneller als  
auf undotierten oder nur mittel stark dotierten Bereichen.  
Jedoch werden mit steigender Dotierungsdichte die sich aus-  
bildenden Raumladungszonen kleiner, so dass parasitäre Effek-  
20 te ebenfalls kleiner werden.

Wie in Figur 5 dargestellt, wird anschließend die Fotolack-  
schicht 32 entfernt. An der freiliegenden Fläche des Transis-  
torteils 16a der Halbleiterschicht 16 und an der freiliegen-  
25 den Fläche des Bodenelektrodenbereiches 34 wird anschließend  
eine dünne Siliziumdioxidschicht 40 erzeugt, die im Bereich  
des Transistors ein Gateoxid 42 und im Bereich des Kondensa-  
tors ein Dielektrikum 46 bildet. Beispielsweise wächst die  
Siliziumdioxidschicht 40 thermisch auf. Im Ausführungsbei-  
30 spiel hat die Siliziumdioxidschicht 40 im Bereich des undo-  
tierten Siliziums eine Dicke von zwei Nanometern.

Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel wird unter Verwen-  
dung eines weiteren Lithografieverfahrens auf dem Bodenelekt-  
35 rodenbereich 34 des Kondensators ein Dielektrikum aus einem  
anderen Material und/oder ein Dielektrikum mit einer anderen

Dicke als auf dem Transistorteil 16b der Halbleiterschicht 16 erzeugt.

Wie weiter in Figur 5 weiter dargestellt, wird anschließend  
5 in-situ oder nachträglich dotiertes polykristallines Silizium  
abgeschieden, wobei eine Polysiliziumschicht 41 erzeugt wird.  
Die Polysiliziumschicht 41 hat beispielsweise eine Dicke von  
einhundert Nanometern und eine Dotierstoffkonzentration von  
10<sup>21</sup> Dotieratomen je Kubikzentimeter. Die starke Dotierung  
10 vom n-Leistungstyp ist wiederum durch das Symbol n<sup>++</sup> dargestellt.  
Als Dotieratome werden beispielsweise Phosphoratome  
verwendet. An Stelle der Polysiliziumschicht 41 wird bei  
einem anderen Ausführungsbeispiel ein alternatives gut leitendes  
Material mit geeigneter Materialaustrittsarbeit verwendet.  
15 wendet.

Wie in Figur 6 gezeigt, wird anschließend ein weiteres Litho-  
grafieverfahren u.a. zur Strukturierung einer Gateelektrode  
54 durchgeführt. Dazu wird eine Fotolackschicht aufgebracht,  
20 belichtet und entwickelt, wobei Fotolackschichtbereiche 50a  
und 50b erzeugt werden. Anschließend werden die Polysilizium-  
schicht 41 und die Siliziumdioxidschicht 40 strukturiert,  
beispielsweise geätzt. Dabei entsteht unter dem Fotolack-  
schichtbereich 50a ein Gateelektrode 54 und unter dem Foto-  
25 lackschichtbereich 50b eine Deckelektrode 56. Die Ätzung  
stoppt auf dem Transistorteil 16a der Halbleiterschicht 16  
bzw. auf dem Bodenelektrodenbereich 34.

Wie in Figur 7 dargestellt, werden die Fotolackschichtberei-  
30 che 50a und 50b nach der Ätzung entfernt. Danach wird eine  
Ionenimplantation 57 durchgeführt, um schwach dotierte LDD-  
Bereiche 58 und 59 (Lightly Doped Drain) in oberen Bereichen  
des Transistortails 16a der Halbleiterschicht 16 zu erzeugen.

35 Wie in Figur 8 gezeigt, wird anschließend eine dünne TEOS-  
Schicht oder Siliziumnitridschicht ganzflächig abgeschieden,  
beispielsweise mit Hilfe eines CVD-Verfahrens (Chemical Vapor

Deposition). Die Siliziumnitridschicht 60 hat im Ausführungsbeispiel eine Dicke von fünfzig Nanometern. Wie weiter in Figur 8 dargestellt, wird die TEOS-Schicht anschließend in einem anisotropen Ätzprozess zu Abstandshaltern 60 und 62 an den Seitenwänden der Gateelektrode 54 sowie zu Abstandshaltern 64 und 66 an den Seitenwänden der Deckelektrode 56 zurückgeätzt. Auf diese Weise werden sowohl die Gateelektrode 54 als auch die Deckelektrode 56 zu allen Seiten hin isoliert. Eine folgende Epitaxie ist an den Seitenflächen der Gateelektrode 54 und der Deckelektrode 56 nicht möglich, so dass Kurzschlüsse vermieden werden.

Wie in Figur 9 dargestellt, wird anschließend ein selektives Epitaxieverfahren durchgeführt. Eine monokristalline Epitaxieschicht wächst auf freiliegenden Flächenabschnitten der LDD-Bereiche 58 und 59 sowie des Bodenelektrodenbereiches 54 auf. Es entstehen Epitaxiebereiche 70 und 74 auf dem monokristallinen Silizium der Halbleiterschicht 16. Die Epitaxiebereiche 70 und 74 erstrecken sich etwa bis zur halben Höhe der Gateelektrode 54 bzw. der Deckelektrode 56. Die Epitaxiebereiche 70 und 74 werden auch als "angehobene" (elevated) Source-/Drain-Bereiche bezeichnet. Die Dicke der Epitaxieschicht für die Epitaxiebereiche 70 und 74 richtet sich vor allem nach der Dicke der Halbleiterschicht 16 und der nachfolgend erläuterten Silizidierung. Bei der Silizidierung wird vorhandenes Silizium verbraucht, so dass entsprechend viel Silizium für die Reaktion bereitgestellt wird. Durch diese Maßnahme wird ein "Abreißen" der Kanalanschlüsse im Bereich des Drain-/Source-Bereiches vermieden. Epitaxiebereiche 72 und 76 liegen auf der Gateelektrode 54 bzw. auf der Deckelektrode 56. Die Epitaxiebereiche 72 und 76 sind nicht vorhanden, wenn alternative Gatematerialien verwendet werden.

Wie in Figur 10 gezeigt, wird nach dem Epitaxieverfahren eine Ionenimplantation 78, z.B. n++, d.h. stark n-dotiert, zum Herstellen von hochdotierten und damit niederohmigen Source-/Drain-Bereiche 80 und 82 durchgeführt. Dabei werden auch die

Epitaxiebereiche 70 bis 76 dotiert. Eine Maske ist hier lediglich zum Trennen von Bereichen mit komplementären Transistoren in einem CMOS-Prozess (Complementary Metal Oxide Semiconductor) erforderlich. Es entsteht eine Verbindung zwischen dem Source-/Drain-Bereich 82 und dem Bodenelektrodenbereich 34 des Kondensators. Ein zwischen den Source-/Drain-Bereichen 80 und 82 in dem Transistorteil 16a der Halbleiterschicht 16 liegender Kanalbereich 84 bleibt p-dotiert. Während der Implantation dienen die Abstandshalter 60 und 62 sowie der Gatestapel als Implantationsmaske.

Wie in Figur 11 dargestellt, wird im Anschluss an die HDD-Implantation (High Density Drain) ein Salicide-Verfahren (Self aligned silicide) durchgeführt. Dazu wird beispielsweise ganzflächig eine Nickelschicht abgeschieden. Bei Temperaturen von beispielsweise 500°C bildet sich Nickelsilizid in den Epitaxiebereichen 70 bis 76 und damit auf den Source-/Drainbereichen 80, 82, auf der Gateelektrode 54 und auf der Deckelektrode 56, siehe Silizidbereiche 90 bis 96. An Stelle von Nickel lässt sich auch ein anderes Metall mit einer Schmelztemperatur über 1400 Grad Celsius verwenden, insbesondere ein Refraktärmetall, um bspw. Titansilizid oder Kobaltsilizid herzustellen. Bei dem in Figur 11 gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Epitaxiebereiche 70 bis 76 vollständig silizidiert. Die Halbleiterschicht 16 und die Deckelektrode 56 wurden dagegen nicht silizidiert. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel werde auch Bereiche der Halbleiterschicht 16 bzw. der Deckelektrode 56 silizidiert

Wie in Figur 12 dargestellt, wird anschließend eine Passivierungsschicht 100 aufgebracht, beispielsweise eine TEOS-Schicht (Tetra Ethyl Ortho Silicate), eine BPSG-Schicht (Bor Phosphorous Silicat Glass) oder eine Schicht aus einem anderen geeigneten Material. In die Passivierungsschicht 100 werden unter Verwendung eines fotolithografischen Verfahrens Kontaktlöcher geätzt und beispielsweise mit Wolfram gefüllt, wobei Verbindungsabschnitte 102, 104 und 106 entstehen, die



15

in dieser Reihenfolge zum Silizidbereich 90, 94 bzw. 96 führen. Die Verbindungsabschnitte 102 bis 106 werden anschließend noch mit Leiterbahnen einer nicht dargestellten Metallisierungslage oder mehrerer Metallisierungslagen verbunden.

5 Dabei wird ein konventioneller CMOS-Prozess ausgeführt, der auch als "Back End" bezeichnet wird.

10 In den Kontaktlöchern werden in der Regel weitere Zwischenschichten zur besseren Haftung oder als Diffusionsbarriere eingebracht. Diese Zwischenschichten sind in Figur 12 aus Gründen der besseren Übersicht nicht dargestellt. Beispielsweise bestehen diese Schichten aus Titannitrid.

15 Die Metallleitbahnen werden bspw. mit einem sogenannten Dual-Damascene-Verfahren hergestellt, bei dem Kupfer in Gräben gefüllt wird. Anschließend wird mit einem chemisch-mechanischen Polierverfahren (CMP - Chemical Mechanical Polishing) poliert. Jedoch werden auch andere Verfahren eingesetzt, z.B. die Ätzung von Aluminiumschichten.

20

Figur 13 zeigt eine Draufsicht auf die Transistor-Kondensator-Anordnung 140, die einen planaren SOI-FET 142 und einen Kondensator 144 enthält.

25 Der Transistor 142 hat eine Transistorweite  $W_1$ , die etwa dem Zehnfachen der minimalen Strukturbreite  $F$  entspricht. auf Grund dieser Transistorweite gibt es neben dem Verbindungsabschnitt 102 vier weitere Verbindungsabschnitte 110 bis 116, die zum Silizidbereich 90 führen. Neben dem Verbindungsabschnitt 104 gibt es ebenfalls vier zusätzliche Verbindungsabschnitte 120 bis 126, die zum Silizitbereich 94 führen. Zum Silizitbereich 96 und damit auch zur Deckelektrode 56 führen neben dem Verbindungsabschnitt 106 vier weitere Verbindungsabschnitte 130 bis 136.

35

Die Länge  $L_1$  des Kondensators 144 ist erheblich kürzer als dessen Breite  $B_1$ . Im Ausführungsbeispiel entspricht die Brei-

te B1 etwa der Transistorweite. Die Länge L1 beträgt etwa nur ein drittel der Breite B1. Auf Grund dieser Abmessungen und auf Grund der Vielzahl von Verbindungsabschnitten 102 bis 136 kann der Kondensator 144 sehr schnell umgeladen werden.

5

Ein bevorzugter Anwendungsbereich einer Transistor-Kondensator-Anordnung ist eine dynamische Speicherzelle, insbesondere eine sogenannte embedded DRAM-Speicherzelle 150, wie sie in den Figuren 14 und 15 dargestellt ist. Die Speicherzelle 150 enthält nur einen Zugangs-Transistor 152 und einen Kondensator 154. Auch beim Herstellen der Speicherzelle 150 sind die oben an Hand der Figuren 1 bis 12 erläuterten Verfahrensschritte ausgeführt worden. In den Figuren 14 und 15 sind deshalb gleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen jedoch mit einem nachgestellten Kleinbuchstaben a gekennzeichnet.

10

15

Somit enthält der planare Feldeffekttransistor 152 u.a.:

- eine Steuerelektrode 54a,
- ein Gateoxid 42a,
- LDD-Bereiche 58a, 59a,
- Anschlussbereiche 80a, 82, und
- Abstandshalter 60a, 62a.

20

25

- Der Kondensator 154 enthält:
- einen Bodenelektrodenbereich 34a,
  - ein Dielektrikum 46a,
  - eine Deckelektrode 66a, und
  - Abstandshalter 64a.

30

Epitaxiebereiche 70a, 72a und 76a über dem Anschlussbereich 80a, über der Steuerelektrode 54a bzw. über der Deckelektrode 56a sind nicht vollständig silizidiert worden, so dass Silizidbereiche 90a bis 96a auf diesen Epitaxiebereichen 70a, 72a und 76a angeordnet sind.

35

Figur 14 zeigt die Speicherzelle 150 in einer Schnittebene II, die in Figur 15 eingetragen ist und die in Längsrichtung des Stromflusses im Kanal des Transistors 152 liegt. Der Abstand zwischen der Deckelektrode 56a und der Gateelektrode 54a wurde auf die minimale Strukturbreite  $1 F$  verringert. Der an der Gateelektrode 54a angeordnete Abstandshalter 62a und der eine an der Deckelektrode 56a angeordnete Abstandshalter 64a berühren einander, so dass das Drain nicht silizidiert ist. Außerdem ist dadurch drainseitig auch nur ein LDD-Bereich 59a aber kein zusätzlicher Anschlussbereich vorhanden. Auch führt zum Drain kein Verbindungsabschnitt. Der LDD-Bereich 59a führt direkt zum Bodenelektrodenbereich 34a. Der so erhöhte Anschlusswiderstand des Bodenelektrodenbereiches 34a wirkt einer Entladung des Kondensators 154 entgegen. Der Entladung des Kondensators 154 wird auch dadurch entgegengewirkt, dass die Breite  $B2$  des Kondensators erheblich kürzer als dessen Länge  $L2$  ist. Auch der geringe Leckstrom des planaren SOI-Transistors 152 verhindert eine schnelle Entladung der Speicherkapazität.

Um eine möglichst hohe Packungsdichte bei minimalem Leckstrom zu erzielen, besitzt der Transistor 152 eine kleine Transistorweite  $W2$  von beispielsweise  $1,5 F$  bis  $3 F$ . Der Kondensator 154 hat die Form eines waagerechten Streifens, dessen Länge  $L2$  durch die erforderliche Mindestspeicherkapazität der Speicherzelle 150 bestimmt wird. Die Transistorweite  $W2$  und die Breite  $B2$  des Kondensators stimmen etwa überein. Beispielsweise ist die Abweichung kleiner als fünfzig Prozent. Der Kondensator 154 ist im Verhältnis zu dem Transistor 152 in den Figuren 13 und 14 verkürzt dargestellt.

Beim Ersatz von mittelgroßen SRAM-Speichereinheiten (Static Random Access Memory) durch einen schnellen embedded-DRAM, beispielsweise im zweiten und dritten Zugriffsniveau einer Mikroprozessorspeicherhierarchie, d.h. im second and third level cache, ergeben sich die folgenden Berechnungen. Beispielsweise hat bisher eine SRAM-Speicherzelle eine Fläche

von  $134 F^2$ , wobei  $F$  die minimale Strukturgröße ist. Wird beispielsweise ein Dielektrikum mit einer Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  von 3,9 eingesetzt, so lässt sich eine typische embedded-DRAM-Kapazität  $C_{MEM}$  von zehn Femtofarad pro Speicherzelle gemäß den folgenden Berechnungen realisieren. Die Oxidkapazität beträgt:

$$C_{OX} = \epsilon_r \epsilon_0 / t_{phys} = 34,5 \text{ fF}/\mu\text{m}^2,$$

wobei  $t_{phys}$  die Oxiddicke ist, die im Ausführungsbeispiel ein Nanometer beträgt. Es ergibt sich eine erforderliche Fläche

AMEM der Speicherkapazität von:

$$A_{MEM} = C_{MEM} / C_{OX} = 0,29 \mu\text{m}^2.$$

Für eine minimale Strukturbreite  $F$  gleich fünfundsechzig Nanometer entspricht dies  $69 F^2$  für die Kapazität bzw.  $90 F^2$  für die gesamte Speicherzelle einschließlich Zugangstransistor. Die Fläche der embedded-DRAM-Speicherzelle liegt damit weit unter der SRAM-Zellgröße von  $134 F^2$ .

Bei einer effektiven Oxiddicke von einem Nanometer, einer Korrektur von 0,8 Nanometern für die Gate- und top-Silizium-Verarmung und aufgrund der quantenmechanischen Effekte ergibt sich eine Kapazität pro Fläche von:

$$C_{OX} = 3,9 \epsilon_0 / t_{ox} = 19 \text{ fF}/\mu\text{m}^2,$$

wobei  $t_{ox}$  gleich 1,8 Nanometer die elektrisch wirksame Oxiddicke und  $\epsilon_0$  die Dielektrizitätskonstante im Vakuum bezeichnen. Bei der Verwendung eines Metall-Gates verringert sich die elektrisch wirksame Oxiddicke um etwa 0,4 Nanometer aufgrund der nicht mehr vorhandenen Gate-Verarmung, wodurch sich die Kapazität pro Fläche erhöht auf:

$$C_{OX} = 3,9 \epsilon_0 / t_{ox} = 24 \text{ fF}/\mu\text{m}^2.$$

Die erfindungsgemäßen Kapazitäten werden auch als sogenannte Bypass-Kapazitäten zur Dämpfung von sogenannten Spikes und zur Dämpfung von Übersprechen in der Spannungsversorgung der integrierten Schaltungsanordnung verwendet. Auch als analoge Kapazitäten sind sie bestens geeignet, insbesondere in Oszillatoren oder Analog-Digital-Wandlern. Auch für sogenannte

Mixed-Signal-Schaltungen werden die Kapazitäten eingesetzt, d.h. für Schaltungen mit analogen Kapazitäten und bspw. Speicherkapazitäten in Speicherzellen.

- 5 Bei anderen Ausführungsbeispielen wird an Stelle des Gateoxids ein gesondertes high-K-DRAM-Dielektrikum mit  $\epsilon_r$  größer einhundert und effektiven Oxiddicken unter  $t_{eff}$  gleich 0,1 Nanometer eingesetzt. Beispielsweise ein Dielektrikum, das Bariumstrontiumtitanat (BST) oder Epitaxie-
- 10 Bariumstrontiumtitanat enthält. Dadurch verringert sich der Flächenbedarf für eine DRAM-Speicherzelle auf ca.  $22 F^2$ . Mit Hilfe einer zweiten Zusatzmaske wird der Bereich für das high-K-Dielektrikum auf den SOI-Stapeln festgelegt.
- 15 Bei der Erfindung wird eine Kapazität in die FET-Ebene also in das sogenannte top-Silizium auf einem SOI-Substrat integriert. Zur Herstellung der SOI-Kapazität ist nur ein zusätzlicher Prozessschritt erforderlich, wenn das besonders hochqualitative Gatedielektrikum des Transistors als Dielektrikum
- 20 des Kondensators genutzt wird.

Als weitere Vorteile gegenüber bisherigen Technologiekonzepten ergibt sich ein planarer Übergang zwischen reinen Logikblöcken und embedded-DRAM-Blöcken. Weiterhin werden

25 tiefe Vias und Kontakte vermieden.

Bei dem an Hand der Figuren 1 bis 15 erläuterten Ausführungsbeispielen wurden sowohl eine LDD-Dotierung (Lightly Doped Drain) als auch eine HDD-Dotierung (Highly Doped Drain)

30 durchgeführt. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel wird dagegen nur eine HDD-Dotierung aber keine LDD-Dotierung durchgeführt.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel werden ein Transistor

35 und der Kondensator räumlich weiter voneinander entfernt angeordnet und jeweils mit eigenen Verbindungsabschnitten versehen.

Figur 16 zeigt einen Schaltplan einer DRAM-Speicherzelle 200 (Dynamic Random Access Memory) mit drei Transistoren M1 bis M2 sowie mit einem Kondensator Cs, die mit dem an Hand der  
5 Figuren 1 bis 12 erläuterten Verfahrensschritten hergestellt worden sind. Beispielsweise ist der in Figur 14 dargestellte Transistor 152 in einem ersten Fall der Transistor M1. Der Kondensator 154 ist dann der Kondensator Cs. Im ersten Fall führt eine elektrisch leitende Verbindung von einer an den  
10 Bodenelektrodenbereich 34a angrenzenden zusätzlichen Anschlussfläche in der Halbleiterschicht 16 zu dem Gate des Transistors M2.

Alternativ wird das Layout in einem zweiten Fall so gewählt,  
15 dass der Transistor 152 dem Transistor M2 entspricht, wobei der Kondensator 154 dem Kondensator Cs entspricht. Im zweiten Fall ist die Deckelektrode 56a elektrisch leitend mit dem einen Anschlussbereich des Transistors M1 und mit dem Gate des Transistors M2 verbunden.

20

Die Schaltung der Speicherzelle 200 enthält eine Teilschaltung zum Schreiben und eine Teilschaltung zum Lesen, wobei beim Lesen die Ladung des Kondensators Cs nicht verändert wird, so dass auch ein Auffrischen dieser Ladung nach einem  
25 Lesevorgang nicht erforderlich ist.

Die Teilschaltung zum Schreiben enthält den Schreib-Transistor M1 und den Kondensator Cs. Der Gateanschluss des Transistors M1 ist mit einer Schreibwortleitung WWL verbunden.  
30 Der Sourceanschluss des Transistors M1 ist mit einer Schreibbitleitung BL1 verbunden. Bei einer Schaltungsanordnung mit besonders guten elektrischen Eigenschaften gemäß dem oben erwähnten ersten Fall führt der Drainanschluss des Transistors M1 zu einem Speicherknoten X, der durch die Bodenelektrode 34a des Kondensators 154 gebildet wird. Die Deckelektrode 56a des Kondensators Cs bzw. 154 liegt auf einem  
35 Massepotential VSS. Bei der Alternative gemäß dem zweiten

Fall führt der Drainanschluss des Transistors M1 zu einem Speicherknoten X, der durch die Deckelektrode 56a des Kondensators 154 gebildet wird. Die Bodenelektrode 34a des Kondensators Cs liegt auf einem Massepotential VSS.

5

Die Teilschaltung zum Lesen enthält die Transistoren M2 und M3. Der Gateanschluss des Transistors M3 ist mit einer Lese-  
wortleitung RWL verbunden. Der Drainanschluss des Transistors  
M3 ist mit einer Lesebitleitung BL2 verbunden, die vor Beginn  
10 des Lesevorganges bspw. auf ein Betriebspotential VDD aufgeladen wird. Der Sourceanschluss des Transistors M3 ist mit dem einen Drainanschluss des Transistors M2 verbunden. Der Gateanschluss des Transistors M2 ist mit dem Speicherknoten X verbunden. Der Sourceanschluss des Transistors M2 liegt auf  
15 dem Massepotential VSS.

Der Transistor M2 übernimmt die Aufgabe eines Verstärkers, so dass auch bei Ladungsverlusten auf dem Speicherknoten X noch ein zuverlässiges Lesen möglich ist. Befindet sich eine positive  
20 Ladung auf dem Speicherknoten X, so ist der Transistor M2 im eingeschalteten Zustand und die vorgeladene Lesebitleitung BL2 wird beim Lesevorgang entladen.

Da die Gate-Source-Kapazität des Transistors M2 parallel zum  
25 Kondensator Cs liegt, erhöht sich die effektiv wirksame Speicherkapazität Ceff:

$$C_{eff} = C_s + C_{GS}(M2),$$

wobei Cs die Kapazität des Kondensators Cs und CGS die Gate-Source-Kapazität des Transistors M2 sind. Auf Grund des Her-  
30 stellungsverfahrens sind die Kapazitäten pro Fläche des Speicher-Kondensators Cs und des Transistors M2 bspw. gleich groß, wenn das Gateoxid und das Kondensatordielektrikum in derselben dielektrischen Schicht erzeugt werden und die Schicht überall die gleiche Schichtdicke hat.

35

Der Flächenbedarf der Speicherzelle 200 wird durch die Anforderungen an die effektiv wirksame Speicherkapazität Ceff

bestimmt. Bei geringen Leckströmen und einer hohen Transistorverstärkung, die einen hohen Lesestrom zur Folge hat, lässt sich der Speicher-Kondensator Cs verkleinern. Die für den Kondensator Cs erforderliche Fläche und dessen elektrische Eigenschaften sind Hauptkriterien für die wirtschaftliche Herstellung einer Speichereinheit mit einer Vielzahl von Speicherzellen 200. Auch eine Speichereinheit mit einer Vielzahl von Speicherzellen 200 ist zum Ersetzen eines SRAMS in einer Prozessorspeicherhierarchie geeignet.



## Patentansprüche

1. Integrierte Schaltungsanordnung (140),

5 mit einem elektrisch isolierenden Isolierbereich,

und mit mindestens einem einen Kondensator (144) bildenden  
Bereichsfolge, die in der angegebenen Reihenfolge enthält:

10 einen isolierbereichsnahen Elektrodenbereich (34),

einen dielektrischen Bereich (46), und

einen isolierbereichsfernen Elektrodenbereich (56),

15

wobei der Isolierbereich Bestandteil einer in einer Ebene  
angeordneten Isolierschicht (14) ist,

wobei der Kondensator (144) und mindestens ein aktives Bau-  
20 element (142) der integrierten Schaltungsanordnung (140) auf  
der gleichen Seite der Isolierschicht (14) angeordnet sind,

und wobei der isolierbereichsnahe Elektrodenbereich (34) und  
der aktive Bereich (84) des Bauelementes (142) in einer Ebene  
25 angeordnet sind, die parallel zu der Ebene liegt, in der die  
Isolierschicht (14) angeordnet ist.

2. Schaltungsanordnung (140) nach Anspruch 1, g e k e n n -  
z e i c h n e t durch mindestens einen Feldeffekttransis-  
30 tor (142), dessen Kanalbereich (84) der aktive Bereich ist,  
wobei der Kanalbereich (84) vorzugsweise dotiert oder undotiert ist,

und/oder dessen Steuerelektrode (54) das gleiche Material  
35 und/oder Material der gleichen Dotierstoffkonzentration wie  
der isolierbereichsferne Elektrodenbereich (56) enthält,

und/oder dessen Steuerelektrodenisolationbereich (42) das gleiche Material und/oder ein Material mit der gleichen Dicke wie der dielektrische Bereich (46) enthält,

- 5 und/oder dessen der Steuerelektrodenisolationbereich (42) ein anderes Material und/oder ein Material mit einer anderen Dicke als der dielektrische Bereich (46) enthält.

- 10 3. Schaltungsanordnung (140) nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der Feldeffekttransistor (122) ein planarer Feldeffekttransistor ist,

- 15 und/oder dass der Transistor Hilfsanschlussgebiete (58, 59) enthält, die eine Dotierung mit dem gleichem Leitungstyp wie die Anschlussgebiete (80, 82) jedoch mit einer um mindestens eine Größenordnung kleineren Dotierstoffkonzentration haben,

- 20 und/oder dass der Transistor Hilfsdotiergebiete enthält, die nahe der Anschlussgebiete (80, 82) und/oder nahe der Hilfsanschlussgebiete (58, 59) angeordnet sind und die eine Dotierung mit einem anderen Leitungstyp als die Anschlussgebiete (80, 82) und/oder als die Hilfsanschlussgebiete (58, 59) haben,

- 25 und/oder dass die Steuerelektrode (54) an einen eine Metallhalbleiterverbindung enthaltenden Bereich angrenzt, insbesondere an einen Silizidbereich (92).

- 30 4. Schaltungsanordnung (140) nach Anspruch 2 oder 3, d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass ein Anschlussbereich (80, 82) des Transistors (142) oder beide Anschlussbereiche (80, 82) des Transistors (142) an die Isolierschicht (14) grenzen,

- 35 und/oder dass mindestens ein Anschlussbereich (80, 82) an einen eine Metallhalbleiterverbindung enthaltenden Bereich angrenzt, vorzugsweise an einen Silizidbereiche (90, 96),

und/oder dass eine isolierbereichsferne Grenzfläche mindestens eines Anschlussbereiches (80, 82) von der Isolierschicht (14) weiter entfernt ist als der aktive Bereich (84) oder  
5 dass eine isolierbereichsferne Grenzfläche mindestens eines Anschlussbereiches (80, 82) näher an der Isolierschicht (14) angeordnet ist als eine isolierbereichsferne Grenzfläche des aktiven Bereiches (84).

10 5. Schaltungsanordnung (140) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass beidseitig der Steuerelektrode (54) Abstandshalter (60, 62) angeordnet sind, die ein anderes Material enthalten als die Steuerelektrode (54), vorzugsweise Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid,  
15 oder die aus einem anderen Material bestehen als die Steuerelektrode (54), vorzugsweise aus Siliziumdioxid oder aus Siliziumnitrid,

und/oder dass an mindestens einer Seite des isolierbereichsfernen Elektrodenbereiches (56) ein Abstandshalter (64, 66) angeordnet ist, der ein anderes Material enthält als der isolierbereichsferne Elektrodenbereich (56), vorzugsweise Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid, oder der aus einem anderen Material besteht als der isolierbereichsferne Elektrodenbereich (56), vorzugsweise aus Siliziumdioxid oder aus Siliziumnitrid,  
20  
25

und/oder dass sich ein an der Steuerelektrode (54) angeordneter Abstandshalter (62a) und ein an dem isolierbereichsfernen Elektrodenbereich (56) angeordneter Abstandshalter (64a) berühren.  
30

6. Schaltungsanordnung (140) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Anschlussbereich (82) des Feldeffekttransistors (142) und der isolierbereichsnahe Elektrodenbereich (34) des Kondensators  
35

(144) aneinander grenzen und eine elektrisch leitfähige Verbindung an der Grenze haben,

und/oder das der an den isolierbereichsnahen Elektrodenbereich (34) angrenzende Anschlussbereich (59a) des Transistors (152) nicht an einen eine Metallhalbleiterverbindung enthaltenden Bereich angrenzt, insbesondere an keinen Silizidbereich,

und/oder dass der andere Anschlussbereich (80a) an einen eine Metallhalbleiterverbindung enthaltenden Bereich (70a) angrenzt.

7. Schaltungsanordnung (140) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die an den Anschlussbereich (82) angrenzende Seite des isolierbereichsnahen Elektrodenbereiches (34) länger ist als eine quer zu dieser Seite liegende Seite des isolierbereichsnahen Elektrodenbereiches (34), vorzugsweise mindestens doppelt so lang oder mindestens fünf mal so lang,

wobei der Transistor (142) vorzugsweise eine Transistorweite ( $W_1$ ) hat, die ein mehrfaches der minimalen Strukturbreite ( $F$ ) beträgt, vorzugsweise mehr als das Dreifache oder mehr als das Fünffache,

oder dass eine quer zu der an den Anschlussbereich (82) angrenzende Seite des isolierbereichsnahen Elektrodenbereiches (34) liegende Seite des isolierbereichsnahen Elektrodenbereiches (34) länger als die an den Anschlussbereich (82) angrenzende Seite ist, vorzugsweise mindestens doppelt so lang oder mindestens fünf mal so lang,

wobei der Transistor (152) vorzugsweise eine Transistorweite ( $W_2$ ) hat, die kleiner als das Dreifache der minimalen Strukturbreite ( $F$ ) ist, vorzugsweise kleiner als das Doppelte der minimalen Strukturbreite ( $F$ ).

8. Schaltungsanordnung (140) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der isolierbereichsnahe Elektrodenbereich (34) ein einkristalliner Bereich ist, vorzugsweise ein dotierter Halbleiterbereich,

und/oder dass der isolierbereichsnahe Elektrodenbereich (34) und/oder der aktive Bereich (84) eine Dicke kleiner als ein-

hundert Nanometer oder kleiner als fünfzig Nanometer hat, und/oder dass der aktive Bereich (84) ein einkristalliner Bereich ist, vorzugsweise ein Halbleiterbereich der dotiert oder undotiert ist,

und/oder dass die Isolierschicht (14) an einer Seite an ein Trägersubstrat (12) angrenzt, vorzugsweise an ein Trägersubstrat, das ein Halbleitermaterial enthält oder aus einem Halbleitermaterial besteht, insbesondere aus Silizium oder aus einkristallinem Silizium,

und/oder dass die Isolierschicht (14) an der anderen Seite an den isolierbereichsnahen Elektrodenbereich (34) angrenzt,

und/oder dass die Grenzflächen vorzugsweise vollständig in zwei zueinander parallelen Ebenen liegen,

und/oder dass die Isolierschicht (14) ein elektrisch isolierendes Material enthält, vorzugsweise ein Oxid, insbesondere Siliziumdioxid, oder aus einem elektrisch isolierenden Material besteht, vorzugsweise aus einem Oxid, insbesondere aus Siliziumdioxid,

und/oder dass das aktive Bauelement (142) ein Transistor ist, vorzugsweise ein Feldeffekttransistor, insbesondere ein planarer Feldeffekttransistor.

9. Schaltungsanordnung (140) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der dielektrische Bereich (46) Siliziumdioxid enthält oder aus Siliziumdioxid besteht,

5

und/oder dass der dielektrische Bereich (46) aus einem Material mit einer Dielektrizitätskonstante größer als vier oder größer als zehn oder größer als fünfzig besteht,

10 und/oder dass der isolierbereichsferne Elektrodenbereich (56) Silizium enthält, vorzugsweise polykristallines Silizium, oder aus Silizium besteht, vorzugsweise aus polykristallinem Silizium,

15 und/oder dass der isolierbereichsferne Elektrodenbereich (56) ein Metall enthält oder aus einem Metall besteht,

und/oder dass der isolierbereichsferne Elektrodenbereich (56) ein niederohmiges Material enthält, vorzugsweise Titannitrid,

20 Tantalnitrid, Rubidium oder hochdotiertes Siliziumgermanium,

und/oder dass der isolierbereichsferne Elektrodenbereich (56) an einen Metallhalbleiterverbindungen enthaltenden Bereich angrenzt, insbesondere an einen Silizidbereich (96).

25

10. Schaltungsanordnung (140) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Schaltungsanordnung mindestens einen Prozessor enthält, vorzugsweise einen Mikroprozessor,

30

und/oder dass der Kondensator (154) und das aktive Bauelement (152) eine Speicherzelle (150) bilden, insbesondere in einer dynamischen RAM-Speichereinheit,

35 und/oder dass eine Speicherzelle entweder einen Kondensator (152) und nur einen Transistor (152) oder einen Kondensator

(Cs) und mehr als einen Transistor (M1 bis M3) enthält, vorzugsweise drei Transistoren (M1 bis M3).

5 11. Verfahren zum Herstellen einer integrierten Schaltungsanordnung (140) mit Kondensator (144), insbesondere einer Schaltungsanordnung (140) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

10 bei dem ohne Beschränkung durch die angegebene Reihenfolge die folgenden Verfahrensschritte ausgeführt werden:

15 Bereitstellen eines Substrats (10), das eine Isolierschicht (14) aus elektrisch isolierendem Material und eine Halbleiterschicht (16) enthält,

20 Strukturieren der Halbleiterschicht (16) zur Ausbildung mindestens eines Elektrodenbereiches (34) für einen Kondensator und zur Ausbildung mindestens eines aktiven Bereiches (84) für einen Transistor (142),

nach dem Strukturieren der Halbleiterschicht (16) Erzeugen mindestens einer dielektrischen Schicht (42, 46),

25 nach dem Erzeugen der dielektrischen Schicht (42, 46) Erzeugen einer Elektrodenschicht (41),

Ausbilden einer isolierbereichsfernen Elektrode (56) des Kondensators (144) in der Elektrodenschicht (41).

30 12. Verfahren nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch die Schritte:

35 Aufbringen mindestens einer Hilfsschicht (18, 20) auf die Halbleiterschicht (16) vor dem Strukturieren, vorzugsweise einer Siliziumnitridschicht (20) und/oder einer Oxidschicht (18), wobei die Hilfsschicht (20) vorzugsweise als Hartmaske beim Strukturieren der Halbleiterschicht (16) dient,

und/oder Dotieren eines Kanalbereiches (84) des Transistors (142), vorzugsweise vor dem Erzeugen der dielektrischen Schicht (42, 46),

5

Durchführen einer thermischen Oxidation zur Bildung eines Verrundungsoxides (26, 28), vorzugsweise vor dem Ausbilden der Elektroden Schicht (41),

10 und/oder Dotieren der isolierbereichsnahen Elektrode (34), vorzugsweise vor dem Erzeugen der dielektrischen Schicht (42, 44, 46),

und/oder Erzeugen der dielektrischen Schicht (42, 46) gleichzeitig mit einer dielektrischen Schicht am aktiven Bereich (84) des Transistors (122),

15

und/oder Ausbilden einer Steuerelektrode (54) des Transistors (142) gleichzeitig mit dem Ausbilden des isolierbereichsfernen Elektrodenbereiches (56).

20

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, gekennzeichnet durch die Schritte:

25 Ausbilden von Hilfsanschlussbereichen (58, 59) mit einer kleineren Dotierstoffkonzentration als Anschlussbereiche (80, 82) des Transistors (142), vorzugsweise nach dem Strukturieren einer Steuerelektrode (54) des Transistors (142),

30 und/oder Ausbilden von Hilfsdotiergebieten, vorzugsweise vor der Strukturierung der Steuerelektrode (54),

Aufbringen einer weiteren Hilfsschicht (60 bis 66) nach dem Strukturieren einer Steuerelektrode (54) des Transistors (142), vorzugsweise einer Siliziumnitridschicht oder einer Siliziumdioxidschicht, insbesondere einer TEOS-Schicht,

35



und/oder anisotropes Ätzen der weiteren Hilfsschicht (60 bis 66).

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, gekennzeichnet durch die Schritte:

Durchführen einer selektiven Epitaxie auf freiliegenden Bereichen aus Halbleitermaterial (16) nach dem Ausbilden des isolierbereichsfernen Elektrodenbereiches (56) und/oder nach dem Strukturieren einer Steuerelektrode (54) des Transistors (142),

und/oder Dotieren von Anschlussbereichen (70, 72) des Transistors (122) nach dem Ausbilden des isolierbereichsfernen Elektrodenbereiches (56) und/oder nach dem Strukturieren der Steuerelektrode (54) und vorzugsweise nach der Epitaxie.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, gekennzeichnet durch den Schritt:

und/oder selektive Bildung einer Metallhalbleiterverbindung, insbesondere selektive Silizidbildung, auf der Elektroden- schicht (54) und/oder auf freiliegenden Halbleiterbereichen (16).

FIG 1

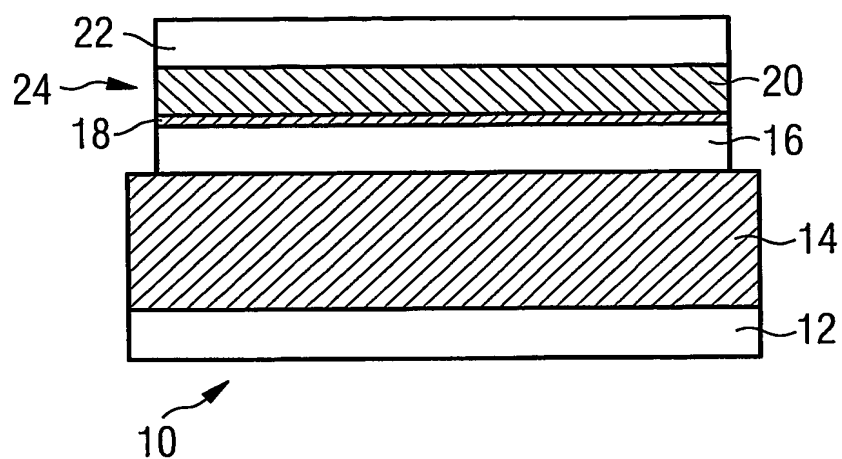
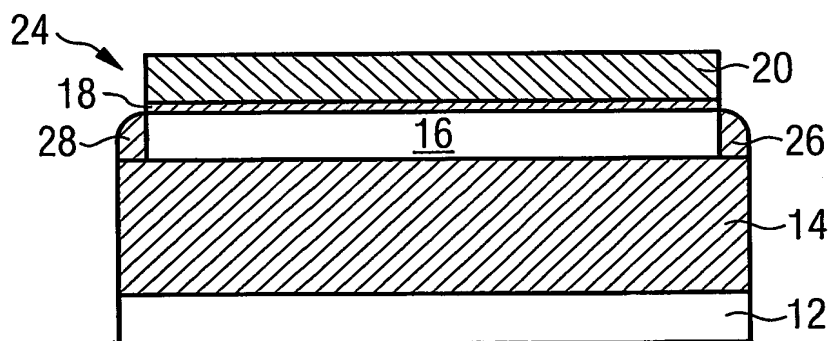
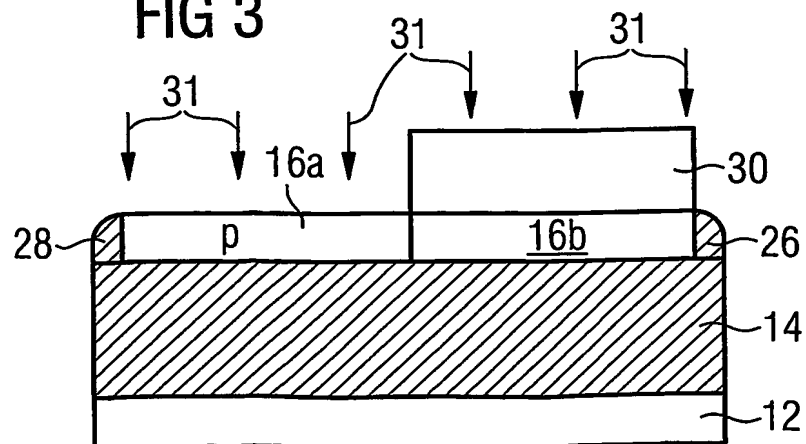


FIG 2



**FIG 3**



2/6

FIG 4

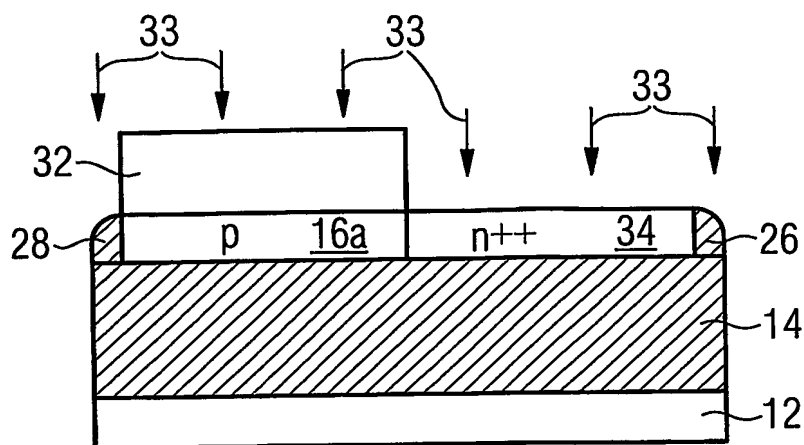


FIG 5

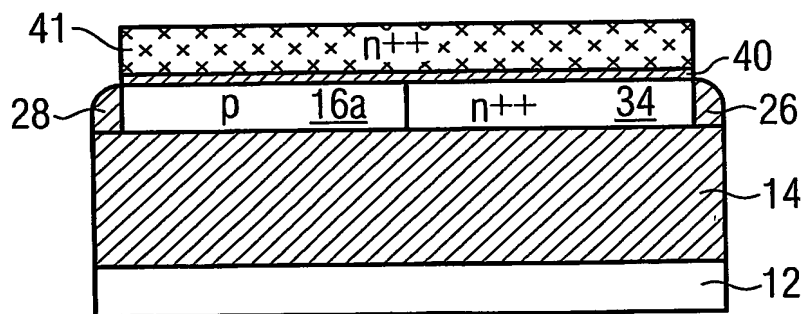


FIG 6

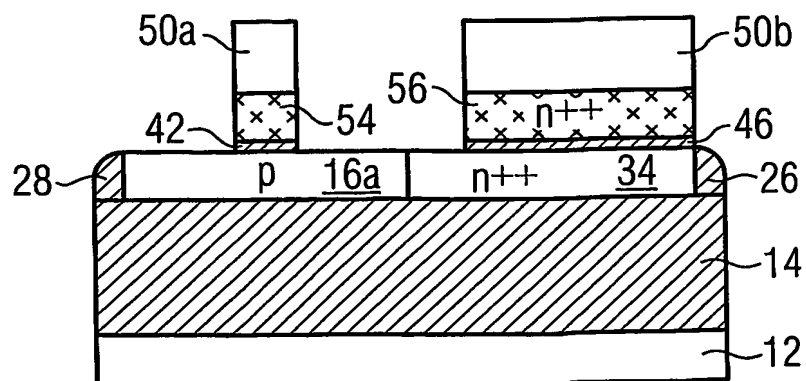


FIG 7

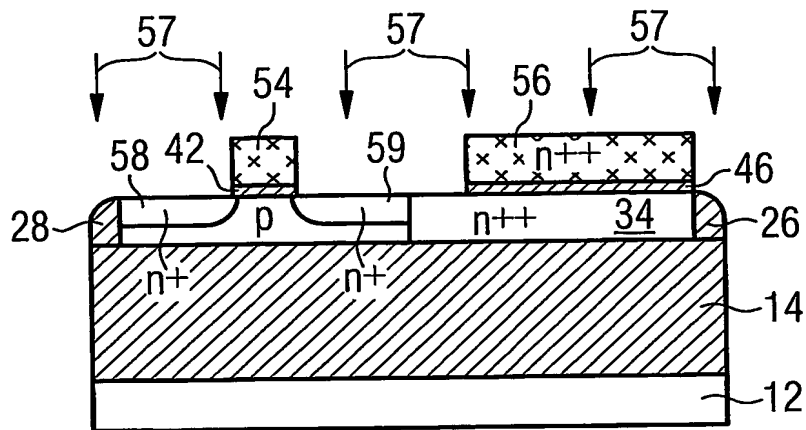


FIG 8

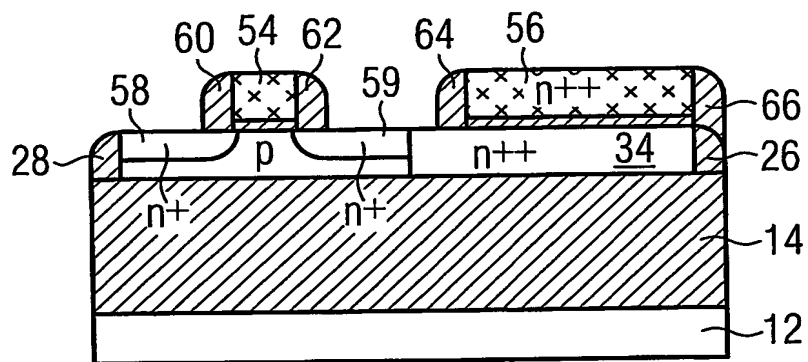


FIG. 9

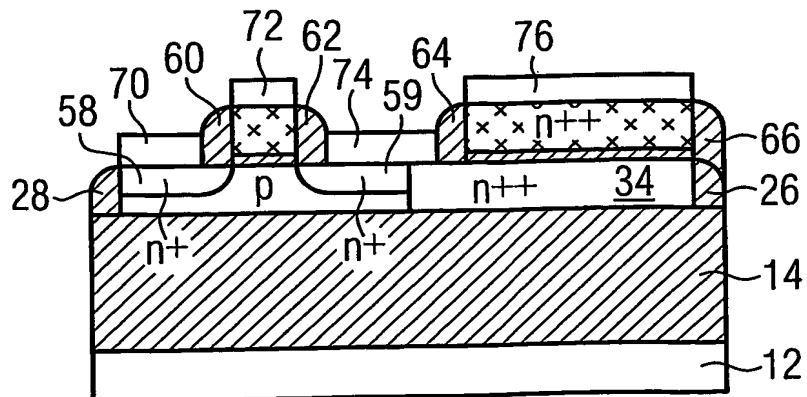


FIG 10

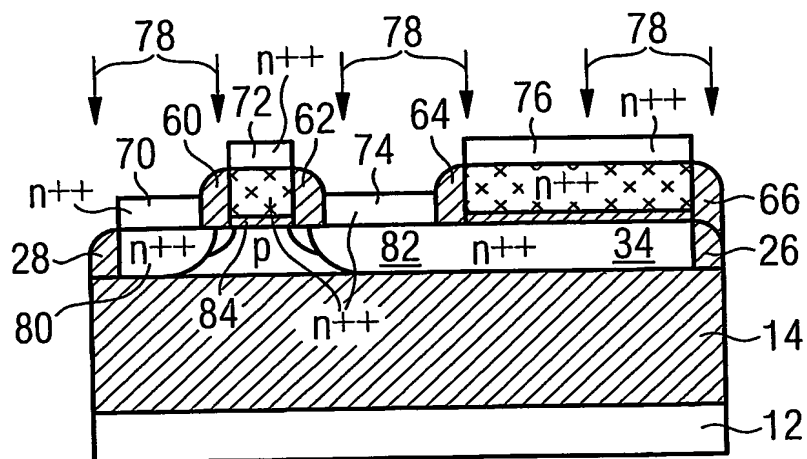


FIG 11

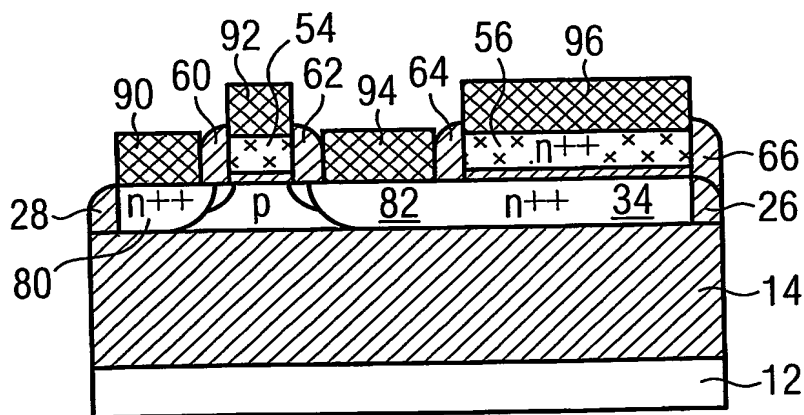
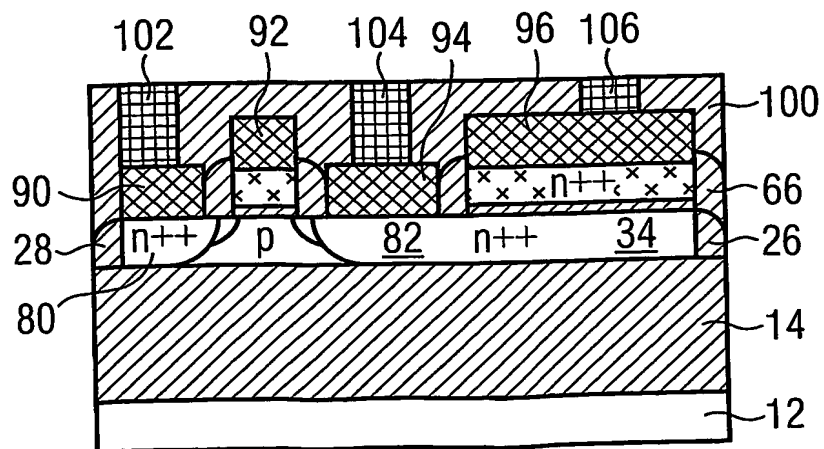


FIG 12



5/6

FIG 13

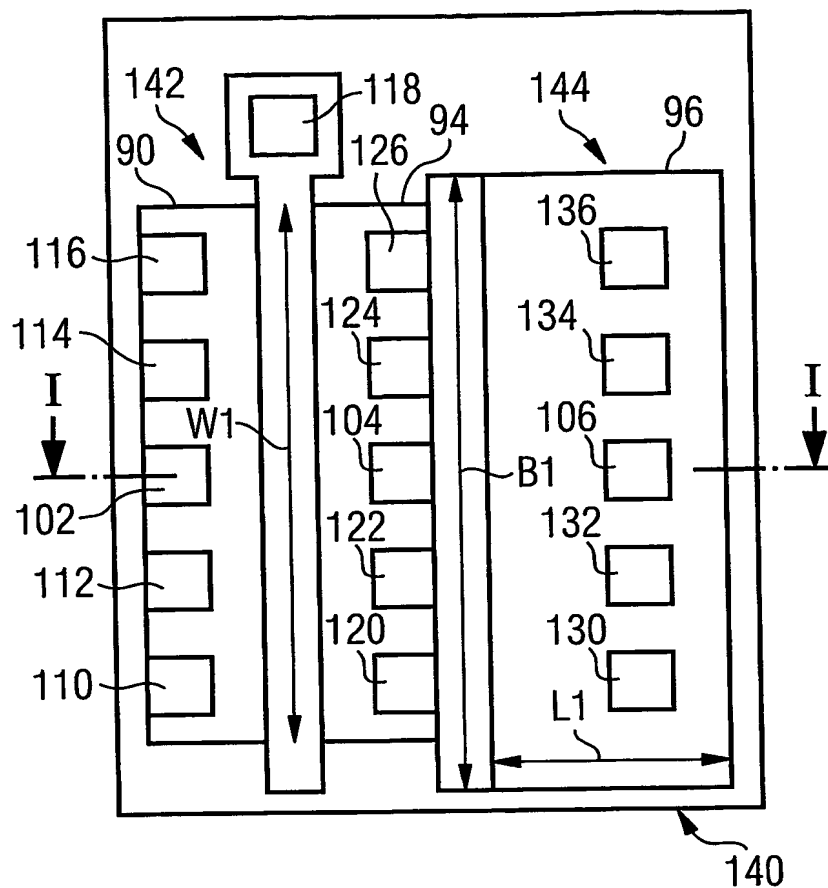
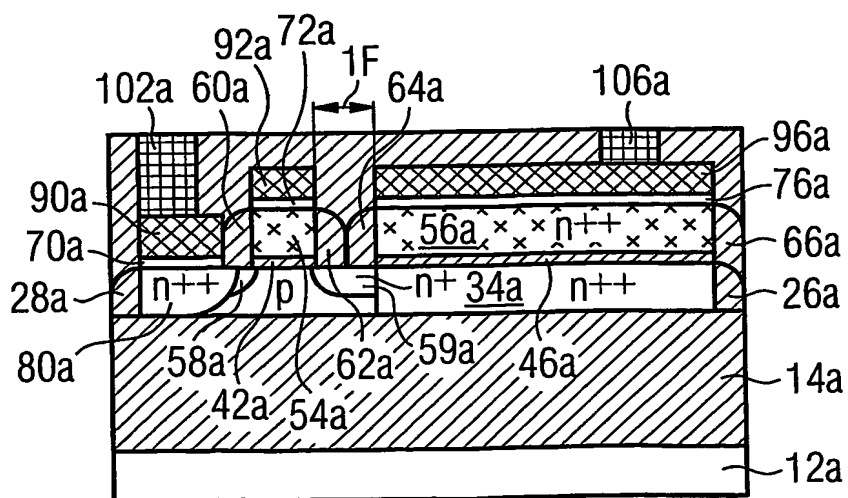


FIG 14



6/6

FIG 15

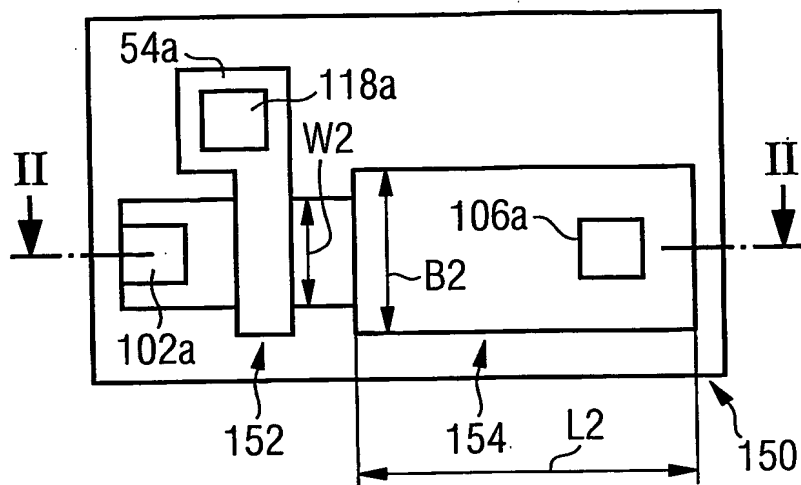


FIG 16

